

**NASKAH PUBLIKASI**  
**PRARANCANGAN PABRIK FENOL FORMALDEHIDA**  
**DENGAN KATALIS ASAM (RESIN NOVOLAK)**  
**KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**



**Disusun Oleh:**  
**Taofik Nurdiansah**  
**D500 090 028**

**Dosen Pembimbing:**  
**Ir. Haryanto.A.R., M.S**  
**Emi Erawati, S.T, M.Eng**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**2016**

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL FORMALDEHIDA  
DENGAN KATALIS ASAM ( RESIN NOVOLAK )  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**



**PUBLIKASI ILMIAH**

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I

Jurusan Teknik Kimia

Oleh:

**TAOFIK NURDIANSAH**  
**D500090028**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL FORMALDEHIDA  
DENGAN KATALIS ASAM ( RESIN NOVOLAK )  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**TAOFIK NURDIANSAH**  
**D500090028**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing:



**Ir. Haryanto A.R., M.S.**  
**NIP. 196 307 051 990 031 002**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK FENOL FORMALDEHIDA  
DENGAN KATALIS ASAM ( RESIN NOVOLAK )  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Oleh:

**TAOFIK NURDIANSAH**  
**D500090028**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari jumat, 26 februari 2016  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji:**

**1. Ir. Haryanto A.R., M.S.**  
(Ketua)

(.....)

**2. Muhammad Mujiburohman S.T., M.T., Ph.D.**  
(Penguji I)

(.....)

**3. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.**  
(Penguji II)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik

(.....)


**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
**NIK. 682**

#### **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain , kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan di atas, maka saya akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 14 April 2016



( Taofik Nurdiansah )

## INTISARI

Resin novolak adalah salah satu jenis dari resin fenol formaldehida yang dalam pembuatannya menggunakan katalis asam. Resin novolak ini mempunyai beberapa kegunaan, antara lain digunakan sebagai lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis serta digunakan pula dalam panel dinding dekorasi. Kebutuhan resin novolak sendiri di Indonesia masih tergolong cukup tinggi, dari tahun 2009 sampai 2014 setiap tahun mengalami peningkatan. Kapasitas pabrik resin novolak yaitu 20.000 ton/tahun, beroperasi selama 330 hari, bahan baku fenol dan formaldehida dengan perbandingan 1:0,8 dan menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi pembentukan resin novolak merupakan reaksi eksotermal yang terjadi di reaktor CSTR, fase cair-cair, *irreversible* dengan kondisi reaksi dijaga pada suhu 95°C (*isothermal*) dan tekanan 1 atm.

Pabrik resin novolak berkapasitas 20.000 ton/tahun ini membutuhkan bahan baku fenol sebanyak 1.955,235 kg/jam, formaldehida sebanyak 1.660,630 kg/jam serta katalis asam sulfat sebanyak 138,547 kg/jam. Pabrik resin novolak ini membutuhkan air sebanyak 28.353,631 kg/jam yang diperoleh dari sungai. Kebutuhan *saturated steam* sebanyak 3.535,578 kg/jam yang diperoleh dari *boiler* dengan bahan bakar solar sebanyak 0,318 m<sup>3</sup>/jam. Sedangkan listrik didapat dari PLN dan generator berkapasitas 3500 KW sebagai cadangan, dengan bahan bakar sebanyak 344,139 kg/jam. Kebutuhan udara bertekanan sebanyak 56,074 m<sup>3</sup>/jam. Pabrik ini direncanakan akan berdiri di kawasan industri Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 15.000 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 163 orang.

Dari analisis ekonomi, pabrik resin novolak ini membutuhkan modal tetap sebesar US \$ 31.295.996,43 dan modal kerja sebesar US \$ 8.783.730,13. Keuntungan sebelum pajak sebesar US \$ 11.297.654,14/th. Sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar US \$ 9.038.123,31/th. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 36,0994% dan setelah pajak sebesar 28,8795%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,17 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 2,57 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,2429% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 26,8840% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 47,4098%. Berdasarkan data-data di atas maka pabrik resin novolak ini cukup menarik untuk didirikan.

Kata kunci : fenol, formaldehida, asam sulfat

## ABSTRACT

Novolac resin is one kind of phenol formaldehyde resins in the manufacture using an acid catalyst. Novolac resins has several uses, among others, are used as lacquers, laminating materials, wood adhesives, varnishes and is also used in wall decoration panel. Needs novolak resin itself in Indonesia is still quite high, from 2009 to 2014 every year has increased. Novolak resin plant capacity is 20,000 tons/year, all operating for 330 days, the raw material phenol and formaldehyde, with the ratio 1: 0.8 and the use of sulfuric acid catalyst. Novolac resin forming reaction is an exothermic reaction that occurs in the reactor CSTR, liquid-liquid phase, irreversible with the reaction conditions are maintained at a temperature of 95°C (isothermal) and a pressure of 1 atm.

Novolac resin plant with a capacity of 20,000 tons /year of phenol requires raw materials as much as 1955.235 kg/hour, formaldehyde as much as 1660.630 kg /h and sulfuric acid catalyst as much as 138.547 kg/hour. Novolac resin plant requires much water as 28353.631 kg / h obtained from the river. Saturated steam needs as much as 3535.578 kg/h obtained from the boiler with diesel fuel as much as 0.318 m<sup>3</sup>/hour. While electricity obtained from the PLN and a capacity of 3500 KW generator as a backup, with as much fuel as 344.139 kg/hour. Compressed air needs as much as 56.074 m<sup>3</sup>/h. The factory is planned to be established in an industrial area Gresik, East Java, with a land area of 15,000 m<sup>2</sup> and the number of employees 163 people.

From the analysis of the economic, novolac resin plant requires capital of US \$ 31,295,996.43 fixed and working capital of US \$ 8,783,730.13. Profit before tax of US \$ 11,297,654.14/year. While profit after tax of US \$ 9,038,123.31/year. The feasibility analysis is a result that Percent Return On Investment (ROI) before tax of 36.0994% and after tax of 28.8795%. Pay Out Time (POT) before tax was 2.17 years, while after tax of 2.57 years. Break Even Point (BEP) of 46.2429% capacity, and Shut Down Point (SDP) of 26.8840% capacity. Discounted Cash Flow (DCF) of 47.4098%. Based on the data above, the novolac resin plant is quite interesting to be established.

Keywords: phenol, formaldehyde, sulfuric acid

## **A. PENDAHULUAN**

Resin novolak adalah resin yang diperoleh dari reaksi antara fenol dan formaldehida pada kondisi asam. Resin ini memiliki kegunaan antara lain digunakan sebagai bahan lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis, dan panel dinding dekorasi. Kelebihan resin novolak antara lain adalah mudah dicetak, mudah dibentuk, mudah diwarnai, serta tidak menimbulkan racun (Pilato, 2010).

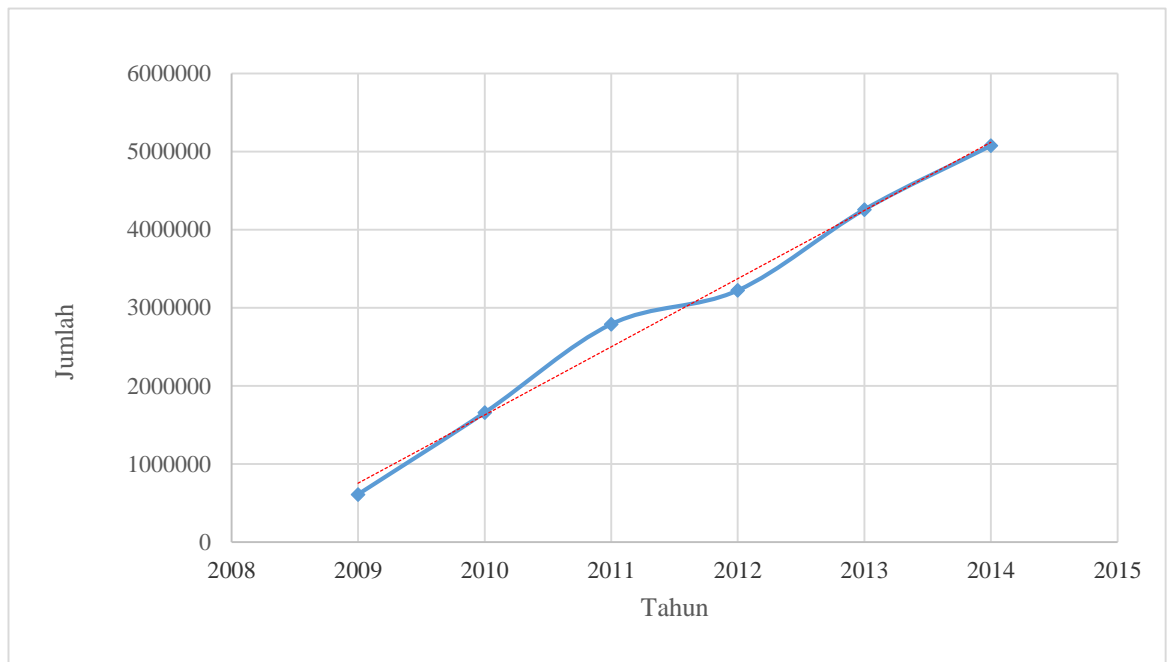
Kebutuhan novolak di Indonesia sendiri masih cukup tinggi, maka dari itu pendirian pabrik novolak ini bertujuan agar dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri. Sehingga dapat mengurangi beban impor dari luar negeri. Sampai saat ini kebutuhan resin novolak di Indonesia masih mendatangkan dari negara lain seperti Jepang, Cina, Jerman, dan Belanda. Dengan berdirinya pabrik resin novolak ini juga dapat memicu berdirinya pabrik yang berbahan baku resin novolak. Akibatnya industri baru yang muncul mampu menyerap tenaga kerja di daerah sekitarnya dan dapat membantu pemerintah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, sehingga jumlah pengangguran dapat dikurangi.

Dari pemaparan di atas menjadikan pengkajian pendirian pabrik novolak dirasa sudah cukup untuk menjadi dasar pendirian pabrik di Indonesia untuk waktu yang akan datang. Sehingga agar pendirian pabrik dapat dilakukan maka perlu beberapa hal yang perlu diperhatikan diperhatikan antara lain, meliputi modal, bahan baku, serta keamanan dari pabrik resin novolak.

## **B. PERANCANGAN KAPASITAS**

Penentuan kapasitas pabrik novolak didasarkan pada kebutuhan resin novolak yang ada di Indonesia. Dari Badan Pusat Statistik Indonesia kebutuhan resin novolak dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan terjadi perkembangan industri yang berbahan baku resin novolak. Paling banyak resin novolak digunakan sebagai bahan perekat kayu. Data kebutuhan novolak di Indonesia dari tahun 2009 sampai 2014 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Hubungan Jumlah Impor Novolak dengan Tahunnya

Selain dari kebutuhan impor novolak Indonesia, kapasitas pendirian pabrik juga didasarkan pada pabrik sejenis yang ada di Indonesia. Di Indonesia pabrik novolak yang sudah berdiri adalah Pabrik Indopherin Jaya yang terletak di Probolinggo Jawa Timur dengan kapasitas 12.000 ton/tahun.

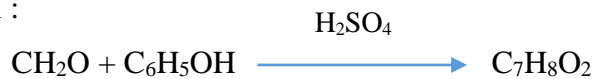
Dengan pertimbangan data-data tersebut, maka dapat ditentukan kapasitas pabrik novolak yang akan didirikan di Indonesia. Kapasitas yang dipilih adalah sebesar 20.000 ton.tahun yang akan didirikan pada tahun 2020. Pemilihan kapasitas pabrik novolak sebanyak 20.000 ton/tahun, memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Dapat memenuhi kebutuhan novolak di Indonesia yang masih mengandalkan impor dari luar negeri.
2. Dapat menambah devisa negara dengan cara mengekspor produk novolak yang masih tersisa ke luar negeri.
3. Mendorong pertumbuhan industri baru yang menjadikan resin novolak sebagai bahan baku dan bahan pendukung.

### C. PROSES PEMBUATAN

Proses pembuatan resin novolak dibuat dengan cara reaksi antara formaldehida (CH<sub>2</sub>O) dengan fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH) perbandingan 0,75 :1 sampai 0,85:1.

Reaksi :



Reaksi berlangsung pada suhu 95°C dan pada tekanan 1 atm. Reaksi ini berjalan secara eksotermis, yang memerlukan pendingin. Reaksi berlangsung secara cair-cair maka digunakan reaktor berpengaduk (Kirk Outmer, 1991).

### D. TINJAUAN KINETIKA

Reaksi Pembentukan resin novolak antara fenol dan formaldehida yang memiliki perbandingan mol 1: 0,8 dengan katalis asam berupa asam sulfat merupakan reaksi orde 1. Dari eksperimen diperoleh harga kecepatan reaksi pembentukan resin novolak adalah (Lei, Wu, dan Lian, 2005) :

$$k = 5,95 \times 10^8 \exp \left( -\frac{9541}{T} \right)$$

dimana  $k$  : kecepatan reaksi

$T$  : suhu reaksi (K)

Dari persamaan kecepatan reaksi dapat diketahui apabila suhu makin ditingkatkan maka kecepatan reaksinya akan bertambah, akan tetapi semua ini tergantung dari sifat dari reaktannya.

### E. DISKRIPSI PROSES

Proses produksi resin novolak ini mengalami beberapa tahapan, yaitu tahapan persiapan bahan baku, tahapan reaksi dan tahap pemisahan produk resin novolak.

Tahap persiapan bahan baku ini fungsinya adalah untuk penyesuaian bahan baku meliputi suhunya agar sama dengan kondisi di reaktor. Bahan fenol dari Tangki Penyimpanan 01 (F-01) terlebih dahulu akan melewati *Heater* 01 (E-101) untuk menaikkan suhu dari 30°C menjadi 95°C. sedangkan formaldehida dari Tangki

Penyimpanan 02 (F-02) akan melewati Heater 02 (E-102) guna menaikkan suhu dari 30°C sampai 95°C.

Tahap reaksi di reaktor berlangsung secara eksotermis dan suhu dijaga pada suhu 95°C dengan menggunakan jaket pendingin. Air pendingin yang digunakan memiliki suhu masuk 30°C dan suhu keluar 45°C.

Tahap pemurnian produk, pada tahap ini terjadi dua proses. Proses pertama yaitu pemisahan fase berat dengan fase ringan yang berlangsung di Dekanter (H-101). Hasil atas dari Dekanter (H-101) meliputi resin novolak, fenol dan sedikit air dan formaldehida. Sedangkan hasil bawah berupa asam sulfat, formaldehida, air dalam jumlah sangat besar dan fenol dalam jumlah sangat kecil. Hasil atas dari Dekanter (H-101) akan melalui proses pemurnian produk yang kedua, yaitu pemurnian dengan distilasi. Hasil atas yang berupa resin novolak, fenol dan sebagian kecil air dan formaldehida kemudian akan dialirkan menuju Menara Distilasi 01 (D-101) yang sebelumnya akan mengalami peningkatan suhu oleh Exchanger (E5-01) dan *Heater* 03 (E-103) dari suhu 75,573°C menjadi 211,802°C. pada Menara Distilasi 01 (D-101) ini terjadi proses pemisahan produk resin novolak yang mengandung sedikit fenol dengan bahan yang lainnya. Hasil bawah Menara Distilasi 01 (D-101) meliputi resin novolak dan sedikit fenol yang keluar pada suhu 241,46°C kemudian menuju *Cooler* 02 (E-202) untuk diturunkan suhunya menjadi 33°C yang selanjutnya akan disimpan sementara di Tangki Penyimpanan 03 (F-03). Sedangkan hasil atas akan keluar pada suhu 185,061°C yang mengandung fenol dalam jumlah banyak dan formaldehid dan air dalam jumlah sedikit akan di-*recycle* menuju Reaktor 01 (R-01) yang sebelumnya mengalami penurunan suhu di *Cooler* 03 (E-203) menjadi 95°C.

## **F. SPESIFIKASI ALAT UTAMA PROSES**

Alat utama proses produksi resin novolak harus digunakan sesuai standar Internasional . Dari perhitungan data spesifikasi alat proses pabrik resin novolak berkapasitas 20.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Reaktor 01

Kode : R-01  
Fungsi : Tempat terjadinya reaksi fenol dan formaldehida dengan katalis asam sulfat

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

**Spesifikasi** :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 95°C
- c. Volume : 8,063 m<sup>3</sup>
- d. Tinggi : 4,005 m
- e. Diameter : 2,009 m
- f. Tebal *shell* : 5/16 in
- g. Tebal *head* : 5/16 in
- h. Tinggi *head* : 0,998 m

**Pengaduk** :

Jenis : Turbin dengan 6 *blade disk* standar  
Diameter : 0,8563 m  
Kecepatan : 73 rpm  
Daya : 40 Hp  
Jumlah pengaduk : 1 buah

**Pendingin** :

Jenis : Jaket  
Tebal jaket : 1/4 in  
Lebar jaket : 16 cm  
Tinggi jaket : 0.8713 m  
Jumlah : 1  
Bahan konstruksi : *Stainless Steel*  
Harga : US \$ 191.859,1676

## 2. Reaktor 02

Kode : R-02  
Fungsi : Tempat terjadinya reaksi fenol dan formaldehida dengan katalis asam sulfat

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

**Spesifikasi** :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 95°C
- c. Volume : 8,063 m<sup>3</sup>
- d. Tinggi : 4,005 m
- e. Diameter : 2,009 m
- f. Tebal *shell* : 5/16 in
- g. Tebal *head* : 5/16 in
- h. Tinggi *head* : 0,998 m

**Pengaduk** :

Jenis : Turbin dengan 6 *blade disk* standar  
Diameter : 0,8563 m  
Kecepatan : 73 rpm  
Daya : 40 Hp  
Jumlah pengaduk : 1 buah

**Pendingin** :

Jenis : Jaket  
Tebal jaket : 1/4 in  
Lebar jaket : 6,2799 cm  
Tinggi jaket : 0.8716 m  
Jumlah : 1  
Bahan konstruksi : *Stainless Steel*  
Harga : US \$ 191.859,1676

### 3. Dekanter

Kode	: H-101
Fungsi	: Untuk memisahkan fase berat dan fase ringan dari Reaktor.
Jenis	: <i>Continuous Gravity Decanter Silinder Horizontal</i>
Spesifikasi	:
a. Tekanan	: 1 atm
b. Suhu	: 95°C
c. Volume	: 85,3214 ft <sup>3</sup>
d. Panjang	: 3,1043 m
e. Diameter	: 1,0348 m
f. Tebal <i>shell</i>	: $\frac{3}{16}$ in
g. Tebal <i>head</i>	: $\frac{3}{16}$ in
h. Tinggi <i>head</i>	: 0,2296 m
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: US \$ 13.522,1366

### 4. Menara Distilasi 01

Kode	: D-101
Fungsi	: Untuk memisahkan resin novolak dengan fenol dan air.
Kondisi Operasi	:
a. Umpan Masuk	
▪ Suhu	: 211,802°C
▪ Tekanan	: 1 atm
b. Atas	
▪ Suhu	: 185,061°C
▪ Tekanan	: 1 atm
c. Bawah	
▪ Suhu	: 241,818°C

▪ Tekanan	: 1 atm
Spesifikasi	:
a. Tinggi	: 16,15 m
b. Tinggi <i>head</i>	: 0,2037 m
c. Diameter	: 0,9317 m
d. Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
e. Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
f. Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical head</i>
g. Jumlah Plat	:
▪ Plat atas	: 14
▪ Plat bawah	: 13
h. Umpan masuk	: tray no. 12 (dari bawah)
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Harga	: US \$ 25.033,6867

#### 5. Menara Distilasi 02

Kode	: D-102
Fungsi	: Untuk memisahkan air dengan asam sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Jenis	: <i>Plate Sieve Tray</i>
Kondisi Operator	:
a. Umpan Masuk	
▪ Suhu	: 75,573°C
▪ Tekanan	: 1 atm
b. Atas	
▪ Suhu	: 99,134°C
▪ Tekanan	: 1 atm
c. Bawah	
▪ Suhu	: 196,485°C
▪ Tekanan	: 1 atm
Spesifikasi	:

a. Tinggi	: 19,8739 m
b. Tinggi <i>head</i>	: 0,3369 m
c. Diameter	: 1,7133 m
d. Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
e. Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
f. Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical head</i>
g. Jumlah Plat	
▪ Plat atas	: 25
▪ Plat bawah	: 11
h. Umpan Masuk	: tray no. 21 (dari bawah)
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: US \$ 30.494,6348

#### 6. Flash Drum

Kode	: H-201
Fungsi	: Memisahkan gas CH <sub>2</sub> O dengan air.
Jenis	: <i>Cotinuos Gravity Flash Drum Silinder Horizontal</i>
Spesifikasi	:
a. Tekanan	: 1 atm
b. Suhu	: 50,850°C
c. Panjang	: 4,1541 m
d. Diameter	: 1,2177 m
e. Tebal shell	: 3/16 in
f. Tebal head	: 3/16 in
g. Tinggi head	: 0,2505 m
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Harga	: US \$ 15.406,3688

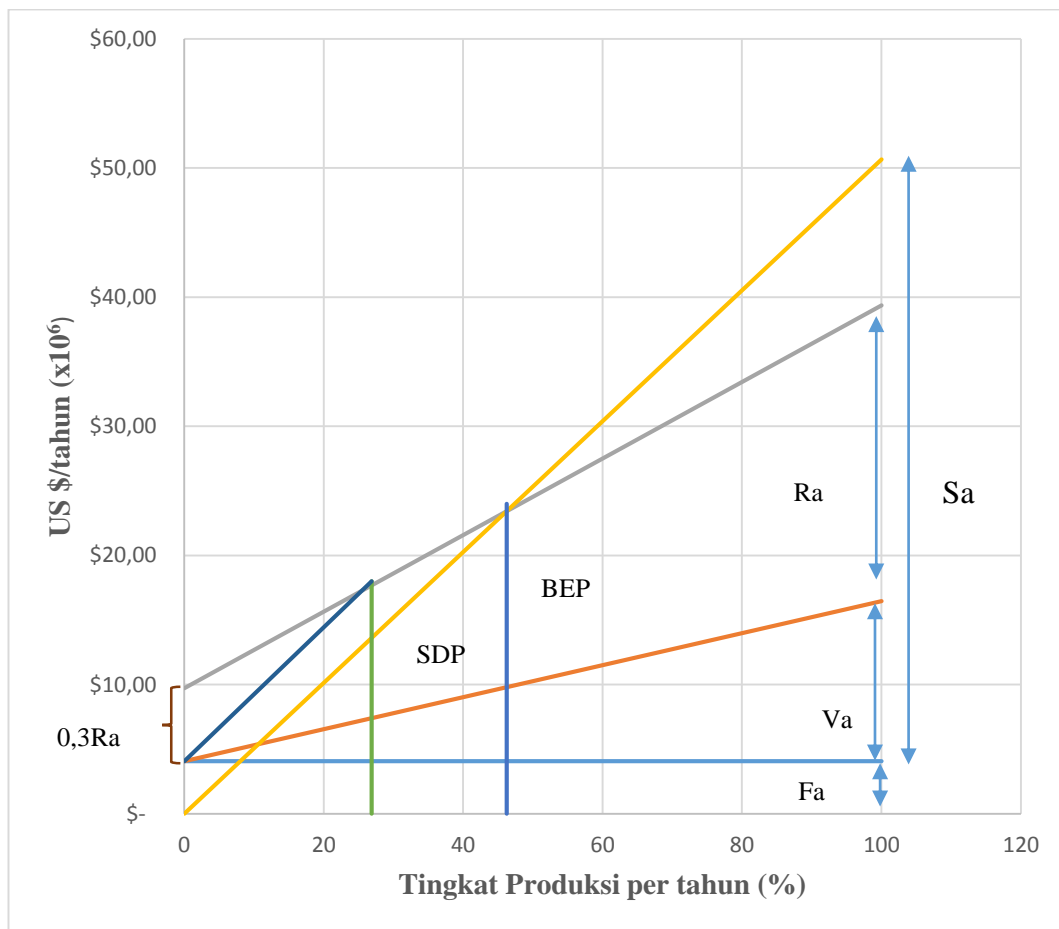


## 7. Absorber

Kode	: D-201
Fungsi	: Untuk mengabsorbi gas formaldehida dengan media pengabsorpsi adalah air, untuk mendapatkan formaldehida cair dengan konsentrasi 37 %.
Jenis Packing	: <i>Risiching Ring</i>
Kondisi Operasi	:
a. Suhu	: 30°C
b. Tekanan	: 1 atm
Spesifikasi	:
a. Tinggi <i>packing</i>	: 2,9641 m
b. Diameter	: 0,3 m
c. Tinggi absorber	: 3,6101 m
d. <i>Size packing</i>	: 1,5 in
e. Bahan <i>packing</i>	: keramik
f. Tebal shell	: 3/16 in
Jumlah	: 1
Bahan baku	: <i>Steinlees Steel</i>
Harga	: US \$ 21.408,2023

## G. ANALISIS EKONOMI

Pabrik resin novolak berkapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2020, dan beroperasi selama 330 hari/tahun. Berdasarkan analisis ekonomi yang dilakukan diperoleh bahwa modal tetap pabrik adalah sebesar US \$ 9.353.000,79 . Keuntungan sebelum pajak sebesar US \$ 11.297.654,14 tiap tahun. Keuntungan sesudah pajak sebesar US \$ 9.038.123,31 tiap tahun. Besarnya *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak besarnya 36,0994% dan sesudah pajak yaitu 28,8795%. *Pay Out time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,17 tahun dan sesudah pajak 2,57 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,243% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 26,884%. Nilai *Discount Cash Flow* (DFC) besarnya 47,41%.



Gambar 2. Analisis Kelayakan Pabrik Resin Novolak

## DAFTAR PUSTAKA

- Billmeyer JR, Fred W., 1984, "*Textbook of Polymer Science*", 3<sup>th</sup> Edition, John Wiley Sons Inc., New York
- Brown, G.G., 1950, "*Unit Operations*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, "*Process Equipment Design*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, "*Chemical Engineering*", Vol. 6, Pergamon Press, Oxford
- Faith ,W.L., Keyes, D.B., and Clark, R.L., 1975, "*Industrial Chemicals*", 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley Sons Inc., New York
- Geankoplis, C.J. and J.F. Richardson, "*Design Transport Process and Unit Operation*", 1989, Pegamon Press, Singapore
- Hesse, W., 1991, "*Phenolic Resin*" dalam Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. 19 Edisi 5, VCH Publishers, New York
- Holman, J. P., 1988, "*Perpindahan Kalor*", alih bahasa Jasifi E., edisi ke-6, Erlangga, Jakarta
- Kern, D.Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- Kirk R.E., and Othmer, D.F., 1996, " Encyclopedia of Chemical Technology ", vol.17, 4<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons Inc., New York
- Lei,Y., Q. Wu, and K. Lian, 2005," *Cure Kinetics of Aqueous Phenol-Formaldehyde Resins Used for Oriented Standboard Manufacturing:Analytical Technique*", Louisiana State University, Baton Rouge
- Levenspiel, O., 1972, "*Chemical Reaction Engineering*", 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons, inc., Toronto

- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*", 7<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2004, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- Pilato, L., 2010, "*Phenolic Resins: A Century of Progress*", Springer Heidelberg Dordrecht London, New York
- Rase, H.F., and Holmes, J. R., 1977, "*Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 3<sup>rd</sup> Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., Kagakusha Ltd., Singapore
- Treybal, R.E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Ulrich, G.D., 1984, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Yaws, 1979, "*Thermodynamic and Physical Properties Data*", Mc Graw Hill Book Co. Singapore